

Laju Dekomposisi Serasah Daun Trembesi (*Samanea saman*) dengan Penambahan Inokulum Kapang

Aisyah Maulida Hanum, Nengah Dwianita Kuswytasari
Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia
e-mail: kuswytasari@bio.its.ac.id

Abstrak—Serasah dedaunan merupakan hasil dari aktifitas alami tumbuhan. Serasah daun dapat terurai secara alami, namun membutuhkan waktu yang lama. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan laju dekomposisi serasah daun Trembesi, serta mendapatkan variasi kapang yang paling efektif untuk proses dekomposisi serasah daun. Isolat kapang yang digunakan adalah *Trichoderma* sp.1, *Penicillium* sp.3 dan *Gliomastix* sp.2, serta variasi konsorsium diantara kapang-kapang tersebut. Kemudian dihitung nilai laju dekomposisinya menggunakan persamaan Olson [1], lalu dianalisa dengan ANOVA Two Ways. Variasi inokulum kapang paling efektif untuk proses dekomposisi serasah pada daun Trembesi (*Samanea saman*), adalah perlakuan C4 (variasi isolat kapang *Penicillium* sp.3 dan *Gliomastix* sp.2), dengan nilai 0,01382.

Kata Kunci—dekomposisi, Trembesi, *Trichoderma* sp.1, *Penicillium* sp.3 dan *Gliomastix* sp.2.

I. PENDAHULUAN

Penghijauan di wilayah ITS selain membawa dampak positif, juga terdapat efek samping dari kegiatan tersebut, berupa serasah daun yang menumpuk. Serasah daun yang banyak dijumpai di wilayah ITS berasal dari daun Trembesi. Serasah daun tersebut dapat terurai secara alami, namun membutuhkan waktu yang lama. Waktu dekomposisi alami dari serasah daun untuk menjadi kompos yang siap dimanfaatkan oleh tumbuhan ataupun organisme lain di sekitarnya, umumnya membutuhkan waktu sekitar 4 bulan [2]. Waktu dekomposisi daun yang lebih lambat dari pada waktu pengguguran daun, menyebabkan penumpukan limbah serasah karena tidak dapat segera terdekomposisi.

Serasah yang jatuh akan mengalami dekomposisi yang melibatkan peran mikroorganisme seperti bakteri dan fungi. Dekomposisi akan berjalan lebih cepat jika terdapat penambahan mikroorganisme tersebut. Oleh karena itu, dengan penambahan fungi pada serasah daun tersebut, diharapkan proses dekomposisi akan lebih cepat [3]. Menurut Purwadaria [4], kemampuan kapang sebagai mikroba pendegradasi selulosa dan hemiselulosa lebih efektif dibandingkan dengan bakteri. Kapang yang mampu memproduksi selulosa dan xilanase diantaranya *Penicillium nalgiovense* [5], *Trichoderma harzanium* [6] dan *Trichoderma reesei* [7]. Kapang dikenal sebagai organisme

pendegradasi bahan organik yang baik. Oleh karena itu, dilakukan sebuah uji penelitian untuk mengetahui laju dekomposisi serasah dedaunan tersebut.

Dekomposisi merupakan proses perubahan secara fisik maupun secara kimiawi yang sederhana oleh mikroorganisme tanah, dan terkadang disebut mineralisasi [8]. Proses dekomposisi dimulai dari proses penghancuran yang dilakukan oleh serangga kecil terhadap tumbuhan dan sisa bahan organik mati menjadi ukuran yang lebih kecil. Kemudian dilanjutkan dengan proses biologi yang dilakukan oleh bakteri dan fungi untuk menguraikan partikel-partikel organik. Proses dekomposisi oleh bakteri dan fungi sebagai dekomposer dibantu oleh enzim yang dapat menguraikan bahan organik seperti protein, karbohidrat dan lain-lain [9].

Menurut Sunarto [9], kecepatan proses dekomposisi pada umumnya dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan, yang dapat mempengaruhi pertumbuhan decomposer, diantaranya adalah faktor iklim seperti curah hujan, kelembaban, intensitas cahaya, suhu udara di sekitar daerah pengomposan dan kondisi lingkungan tempat tumbuh organisme seperti suhu air, pH, salinitas air, kandungan oksigen, kandungan hara organik dan lain-lain. Pada proses dekomposisi, semua faktor fisik, kimia, maupun biologis saling berinteraksi satu sama lain [3].

Limbah serasah dari pepohonan dan tanaman, seperti dedaunan dan ranting, memiliki komposisi selulosa sebesar 45% dari berat kering bahan. Sedangkan hemiselulosa menempati 20-30% dan sisanya adalah lignin [10]. Selulosa merupakan polimer glukosa dengan ikatan β -1,4 glukosida dalam rantai lurus. Bangun dasar selulosa berupa suatu selobiosa yaitu dimer dari glukosa [10]. Hemiselulosa merupakan kelompok polisakarida heterogen dengan berat molekul rendah. Hemiselulosa relatif lebih mudah dihidrolisis dengan asam menjadi monomer yang mengandung glukosa, mannosa, galaktosa, xilosa dan arabinosa [11]. Lignin merupakan polimer dengan struktur aromatik yang terbentuk melalui unit-unit penilpropan [12] yang berhubungan secara bersama oleh beberapa jenis ikatan yang berbeda [10]. Lignin sulit didegradasi karena strukturnya yang kompleks dan heterogen yang berikatan dengan selulosa dan hemiselulosa dalam jaringan tanaman [13].

Kapang merupakan salah satu organisme yang mampu menguraikan selulosa sehingga siklus hara di alam terus terjadi. Kemampuannya menghasilkan selulosa menyebabkan organisme ini mampu menguraikan selulosa menjadi senyawa sederhana yang dapat dimanfaatkan kembali oleh organisme lainnya [14]. Menurut Bell [15], kapang banyak berperan dalam proses dekomposisi serasah karena memiliki kemampuan untuk menghasilkan enzim selulase yang berguna dalam penguraian serasah. Menurut Alexander [16], genus *Aspergillus*, *Penicillium*, dan beberapa genus lainnya seperti *Trichoderma*, *Pseudomonas*, *Phanerochaeta*, dan *Thermospora* merupakan kapang perombak bahan organik yang mengurai sisa-sisa tanaman khususnya yang mengandung hemiselulosa, selulosa, dan lignin.

Isolat kapang yang akan digunakan berasal dari isolat laboratorium Mikrobiologi, Biologi ITS. Penelitian tentang degradasi selulase, xilanase, dan lignin, telah dilakukan sebelumnya oleh Rohmah, *et al.*, [17] dan Astutik, *et al.*, [18]. Berdasarkan penelitian degradasi lignin yang telah dilakukan oleh Rohmah, *et al.*, [17], *Gliomastix* sp.2, mampu menghasilkan rasio zona bening terbesar hingga 1,4 cm, serta memiliki kemampuan mendegradasi lignin di dalam medium cair yang tertinggi diantara jenis kapang lainnya, yakni sebesar 46,95%. Sedangkan penelitian tentang degradasi selulase dan xilanase dilakukan oleh Astutik, *et al.*, [18], *Penicillium* sp.3 termasuk isolat kapang yang memiliki rasio zona bening dan aktivitas enzim selulase terbesar, yakni sebesar 1,82 cm:17,66 IU/ml, dan isolat kapang yang memiliki rasio zona bening dan aktivitas enzim xilanase terbesar adalah *Trichoderma* sp.1, yakni sebesar 2,28 cm:6,98 IU/ml, serta *Penicillium* sp.3 sebesar 1,47 cm:8,98 IU/ml.

II. METODE PENELITIAN

A. Tahap Persiapan

Isolat kapang yang digunakan dalam penelitian ini merupakan koleksi Laboratorium Mikrobiologi dan Bioteknologi Jurusan Biologi FMIPA ITS yang diisolasi dari Pantai Wonorejo Surabaya. Isolat-isolat tersebut disubkultur ke dalam medium PDA dan diinkubasi selama beberapa hari pada suhu kamar, hingga mendapatkan jumlah isolat 10^{-7} .

A.1. Pengumpulan Serasah Dedaunan

Pengambilan serasah dilakukan di beberapa lokasi pada kawasan ITS. Serasah daun diambil langsung dari atas tanah di sekitar pepohonan Trembesi, kemudian dibawa ke laboratorium untuk dikeringkan dan ditimbang. Serasah daun dimasukkan ke dalam kantong kertas koran dan dimasukkan ke dalam oven bersuhu 105°C selama 3-5 hari. Setelah itu ditimbang untuk mengetahui bobot keringnya. Perhitungan berat kering daun Trembesi, dilakukan terpisah dan tidak dicampur. Serasah daun tersebut dipotong-potong terlebih dahulu dengan ukuran sekitar 3-4 cm, lalu diambil 50 gram untuk setiap perlakuan.

A.2. Pembuatan Medium PDA

PDA ditimbang sebanyak 4 gr yang kemudian dilarutkan dalam 100 ml aquades dan dipanaskan hingga

larut dan bening di dalam erlenmeyer. Kemudian larutan dimasukkan ke dalam tabung reaksi dengan volume masing-masing 5 ml. Medium disterilisasi dengan autoclave pada suhu 121°C , tekanan 1,5 atm selama 15 menit. Lalu tabung dikeluarkan dan diposisikan miring sebelum agar memadat.

A.3. Pembuatan Starter Kapang

Medium penumbuh spora kapang (medium *starter*) yang digunakan adalah medium PDB (*Potato Dextrosa Broth*), dengan komposisi 200 gram kentang, ditambah 20 gram *dextrose* dan ± 1 liter akuades, untuk setiap 1 liter medium. Medium PDB tersebut dicampurkan dalam tabung isolat kapang yang telah siap digunakan. Setiap variasi perlakuan diperlukan takaran 33 ml medium penumbuh spora kapang (diperoleh dari 5 ml *starter* inokulum kapang ditambahkan 28 ml akuades untuk perlakuan, sedangkan untuk kontrol diperoleh dari 5 ml PDB ditambahkan 28 ml akuades). Untuk 1 kali perlakuan (yakni 8 perlakuan penambahan kapang dan 2 kali ulangan) dibuat *starter* sebanyak 400 ml media PDB, yang kemudian dibagi menjadi 4 bagian (3 untuk variasi perlakuan, yakni satu bagian untuk *starter Trichoderma* sp.1, satu bagian untuk *starter Penicillium* sp.3, satu bagian untuk *starter Gliomastix* sp.2, dan satu bagian untuk *starter* kontrol, tanpa penambahan kapang). Kemudian setiap *starter* inokulum perlakuan diagitasi dengan *shaker* pada kecepatan putaran sekitar 120 rpm selama 4 hari.

A.4. Proses Dekomposisi Serasah Daun

Proses dekomposisi berlangsung dengan mencampur bahan-bahan dan menginkubasinya selama periode tertentu. Serasah daun yang telah dipotong, dimasukkan ke dalam toples plastik kecil. Serasah daun tersebut dicampurkan dengan aquades sebanyak 28 ml dahulu, lalu dicampurkan dengan *starter* kapang. Komposisi *starter* yang dicampurkan yakni sebanyak 10% dari jumlah daun, karena jumlah daun sebanyak 50 gram maka *starter* yang diperlukan untuk tiap perlakuan yakni 5ml. Pada perlakuan ke-1, 2, dan 3, masing-masing merupakan perlakuan dengan kapang tunggal, yakni hanya berisi 1 macam kapang, yang diambil 5ml dari masing-masing *starter* untuk tiap perlakuan. Sedangkan pada perlakuan ke-4, 5, dan 6, yang merupakan perlakuan dengan konsorsium 2 macam kapang tunggal, sehingga untuk memperoleh 5 ml *starter* perlakuan diperoleh dari 2,5 ml dari *starter* jenis kapang pertama dan 2,5 ml dari *starter* jenis kapang kedua. Pada perlakuan ke-7, yang merupakan konsorsium 3 macam kapang, diperoleh dari 1,7 ml dari *starter* setiap jenis kapang. Pada perlakuan ke-8 yang merupakan perlakuan kontrol tidak ditambahkan *starter* kapang sama sekali.

Kemudian daun-daun tersebut diaduk merata, sambil ditaburi *starter inokulum* kapang yang telah disiapkan sebelumnya, secara merata. Untuk melindungi curah hujan, maka proses pengomposan dilakukan dalam ruang beratap, yakni di dalam laboratorium. Proses pengomposan dilakukan selama 2 minggu, 3 minggu, 4 minggu, 5 minggu, 6 minggu. Suhu awal pada proses dekomposisi diukur sesuai kisaran, yakni $\pm 27^{\circ}\text{C}$. Dan pH awal diukur $\pm 7,0$ Pemeliharaan

kelembaban selama proses dekomposisi dilakukan dengan cara menyemprotkan air ke dalam wadah, setiap 2-3 hari sekali.

Serasah daun yang telah diinkubasi tersebut ditimbang, kemudian serasah dikeringkan, lalu dimasukkan ke dalam kantong kertas koran untuk dioven pada suhu sekitar 95°C selama 4-5 hari. Daun yang telah dioven kemudian ditimbang untuk mengetahui bobot keringnya.

A.5 Perhitungan Laju Dekomposisi Serasah Daun

Laju dekomposisi serasah daun dihitung dari penyusutan bobot serasah yang terdekomposisi dalam satu satuan waktu. Sebagai kontrol digunakan serasah yang tidak diberi inokulum kapang. Pendugaan nilai laju dekomposisi serasah dilakukan menurut persamaan Olson [1] :

Keterangan:

X_t = Berat serasah setelah periode pengamatan ke-t

X_0 = Berat serasah awal

e = Bilangan logaritma natural (2,72)

t = Periode pengamatan

k = Nilai laju dekomposisi (hasil yang dicari)

$$X_t / X_0 = e^{-kt}$$

B. Rancangan Penelitian

Uji dekomposisi serasah daun kemudian didesain dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL), dengan dua faktor. Faktor pertama adalah jenis inokulum kapang, dan faktor kedua adalah periode dekomposisi.

C. Analisis Data

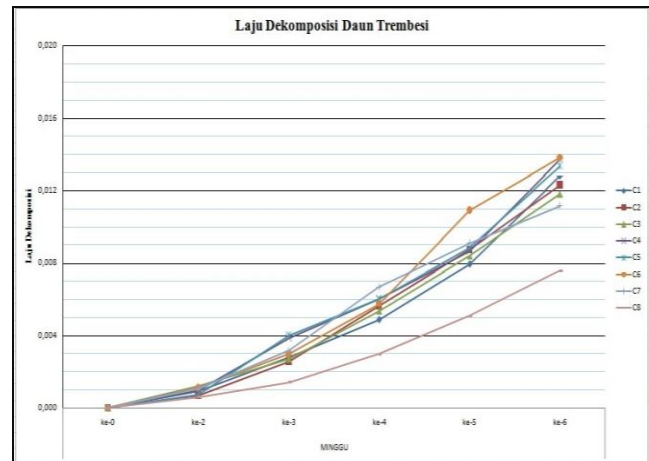
Data yang diperoleh akan ditampilkan secara deskriptif dan disajikan dalam bentuk sebuah grafik nilai laju dekomposisi, dan dianalisa dengan menggunakan *Analysis of Variance (ANOVA) Two Ways*.

III. HASIL DAN DISKUSI

Kemampuan isolat kapang dalam mendekomposisi serasah daun dapat dilakukan dengan menghitung berat kering serasah, membandingkan nya antara berat kering awal (sebelum perlakuan) dan sesudah perlakuan inkubasi, kemudian dilakukan dengan perhitungan persamaan Olson [1].

Selama proses dekomposisi tersebut, dicek kondisi lingkungannya serta perubahan yang terjadi pada daun tersebut, dan pengamatan menunjukkan bahwa telah terjadi proses dekomposisi pada daun tersebut, yang ditandai dengan adanya perubahan pada daun tersebut, yakni perubahan ukuran partikel, perubahan warna dan penampakan, serta bau.

Laju dekomposisi pada kedua serasah daun tersebut pun terjadi teratur tiap minggunya. Berkurang beratnya sedikit demi sedikit, karena dekomposisi merupakan proses penghancuran organisme secara bertahap sehingga strukturnya tidak dapat dikenali lagi dan/atau molekul-molekul organik kompleks yang diurai menjadi bentuk yang



Gambar 2. Grafik Nilai Laju Dekomposisi Daun Trembesi (*Samanea saman*).

lebih sederhana seperti karbondioksida, air, dan komponen-komponen mineral lainnya [19].

Selain itu, proses perubahan juga ditandai dengan berubahnya berat kering daun tersebut. Pada daun Trembesi (*Samanea saman*), dari data semua penurunan berat kering tersebut, penurunan tertinggi yakni 5,645gram (dari dari 50 gr menjadi 44,355 gr) yang terjadi pada perlakuan C6 (konsorsium kapang *Penicillium* sp.3 dan *Gliomastix* sp.2) saat minggu ke-4. Ditinjau dari penurunan rata-rata untuk semua waktu perlakuan yakni sebesar 3,702gr (dari dari 50 gr menjadi 46,298 gr) yang merupakan hasil dari perlakuan variasi C6 (konsorsium dari kapang *Penicillium* sp.3 dan *Gliomastix* sp.2). Penurunan terbesar yang dicapai oleh perlakuan variasi konsorsium tersebut, yakni hingga mencapai 6,645 gram, yang dicapai pada minggu ke-6.

Variasi perlakuan yang efektif dilihat dari nilai laju dekomposisi yang tertinggi, hal ini dikarenakan semakin besar penurunan berat kering maka peningkatan laju dekomposisi juga semakin meningkat. Jika dilihat dari grafik laju dekomposisi, terlihat bahwa perlakuan C6 memiliki laju dekomposisi tertinggi diantara lainnya. Hal tersebut menunjukkan bahwa perlakuan C6 merupakan variasi kapang yang paling efektif untuk proses dekomposisi serasah daun Trembesi. Perlakuan C6 merupakan proses dekomposisi dengan penambahan konsorsium isolat kapang *Penicillium* sp.3 dan *Gliomastix* sp.2

Hal ini dikarenakan kapang tersebut dikonsorsiumkan dengan kapang pendegradasi lignin, yakni *Gliomastix* sp.2. Seperti yang diketahui, berdasarkan penelitian Rohmah, *et al.*, [17], dari semua jenis kapang yang ditelitinya diketahui bahwa spesies tersebut memiliki kemampuan lignoselulolitik yang terbaik diantara semua jenis kapang yang diteliti, sedangkan pada daun Trembesi sendiri memiliki kadar lignin yang tinggi jika dibandingkan dengan daun lainnya [20].

Pada penelitian yang dilakukan oleh Dawy [21], beberapa jenis jamur ditemukan hidup dan menempel pada material kayu yang diteliti. Salah satu diantaranya adalah kapang dari jenis *Gliomastix* sp.. Hal ini menandakan bahwa kapang tersebut memiliki kemampuan lignoselulolitik yang baik. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Kusnadi, *et*

al. [22], dalam isolasi kapang pada berbagai substrat, ditemukan kapang dari genus *Penicillium* hampir di seluruh substrat yang diteliti, diantaranya adalah substrat kayu lapuk (yang diperoleh dari kayu Pinus), serasah dedaunan, serbuk gergaji, dan sampah sayur-sayuran. Hal tersebut menandakan bahwa genus *Penicillium* memiliki kemampuan selulolitik dan lignolitik yang baik sehingga dapat tumbuh langsung pada substrat berkayu.

Diantara tiga spesies *Fabaceae* yang diteliti oleh Rindyastuti dan Darmayanti [20], *Trembesi* memiliki nilai polifenol <4%, paling rendah diantara tiga spesies lain, dimana *Acacia auriculiformis* dan *Pterocarpus indicus* memiliki nilai polifenol lebih dari 4%.

Pada daun *Trembesi* memiliki kadar lignin yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan daun lain, sehingga kapang yang efektif untuk membantu proses dekomposisinya adalah kapang yang memiliki kemampuan pendegradasi lignin yang baik (yakni konsorsium kapang yang di dalamnya terdapat jenis *Gliomastix*).

Pada proses kerja dekomposisi serasah daun *Trembesi* tersebut, kapang *Gliomastix* sp.2. akan bekerja terlebih dahulu untuk menghancurkan lignin yang menyelimuti lapisan luar daun, kemudian dilanjutkan oleh kapang *Penicillium* sp.3 dalam penghancuran selulosa dan xilan yang ada di dalamnya, sehingga pada proses dekomposisi serasah daun *Trembesi*, perlakuan yang efektif merupakan perlakuan konsorsium dari kapang yang memiliki kemampuan mendegradasi selulosa dan lignin yang baik.

KESIMPULAN

Variasi inokulum kapang yang paling efektif untuk proses dekomposisi serasah daun *Trembesi* (*Samanea saman*), adalah variasi perlakuan konsorsium kapang (*Penicillium* sp.3 dan *Gliomastix* sp.2 (perlakuan C6), dengan nilai laju dekomposisi 0, 01382.

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya, Aisyah M.H sebagai penulis mengucapkan terima kasih kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, selalu kepada kami. Terimakasih pada Ibunda dan Ayahanda tercinta yang telah memberikan doa restu dan segala bentuk pengorbanannya baik moril maupun materiil, dan adik yang selalu memberi semangat dan dukungan. Sahabat-sahabat, serta teman-teman seperjuangan Biologi yang selalu saling memberi semangat dalam berjuang. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya yang telah mendukung proses belajar selama ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Olson, J.S. 1963. "Energy Storage and the Balance of Producer and Decomposer in Ecological Systems". *Ecology Journal* 44 : 322-331.
- [2] Nasrul, T.M. 2009. "Pengaruh Penambahan Jamur Pelapuk Putih (White Rot Fungi) pada Proses Pengomposan Tandan Kosong Kelapa Sawit". Jurusan Teknik Kimia, Universitas Syiah Kuala. Banda Aceh. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan* Vol. 7, No. 2, hal. 194-199, 2009 ISSN 1412-5064.
- [3] Anderson, J.M, and. Swift, M.J. 1983. *Decomposition in Tropical Rain forest: Ecology and Management*. Special Publication No. 2. Eds. Sutton L, Whitmore TC, Chadwick AC. The British Ecological Society. Oxford: Blackwell Scientific Publication. 287-309.
- [4] Purwadaria, T., Marbun, P.A., Sinurat, A.P., dan Ketaren, P.P. 2003. "Perbandingan Aktivitas Enzim Selulase dari Bakteri dan Kapang Hasil Isolasi dari Rayap". *JITV* 8 (4): 213-219.
- [5] Nugraha, R. 2009. *Produksi Enzim Selulase oleh Penicillium nalgiovense SS240 pada Substrat Tandan Sawit*. Skripsi. Program Studi Biokimia FMIPA. IPB.
- [6] Ahmed, S., Aslam, and Naeem, S. 2003. "Induction of Xylanase and Cellulase Genes from *Trichoderma harzianum* with Different Carbon Source". *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 6 (22) 1912-1916.
- [7] Fauzan, A., dan Feryanto, R. 2009. *Kinetika Degradasi Lignin dalam Pulp Bagasse Melalui Degradasi Hemiselulosa oleh Enzim Xilanase dalam Proses Biobleaching*. Skripsi. Teknik Kimia, FTI, ITS. Surabaya.
- [8] Mulyani, M, Kartasapoetra, A.G, dan Sastroatmodjo, S. 1991. *Mikrobiologi Tanah*. PT. Rineka Cipta. Jakarta.
- [9] Sunarto. 2003. *Peranan Dekomposisi dalam Proses Produksi pada Ekosistem Laut*. Pengantar Falsafah Sains, Program Pascasarjana/S3 IPB. Bogor.
- [10] Perez J., Munoz-Dorado, de la Rubia, T., and Martinez, J. 2002. "Biodegradation and Biological Treatments of Cellulose, Hemicellulose and Lignin: an Overview". *Int. Microbiol.* 5:53.
- [11] Taherzadeh, M. 1999. "Ethanol from Lignocellulose: Physiological Effects of Inhibitors and Fermentation Strategies". Thesis. Departemenet of Chemical Reaction Engineering, Chalmers University Of Technology. Göteborg.
- [12] Sjoberg, G. 2003. *Lignin Degradation: Long-term Effects of Nitrogen Addition on Decomposition of Forest Soil Organic Matter*. Disertasi. Dep. Soil Sci. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala.
- [12] Orth, A.B., Royse D.J., and Tien M. 1993. "Ubiquity of Lignin Degrading Peroxidases among Various Wood-Degrading Fungi". *Appl Environ Microbiol* 59:4017-4023.
- [14] Frankland, J.C., Hedger J.N., and Swift, M.J. 1982. *Decomposer Basidiomycetes: Their biology and Ecology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- [15] Bell, M.K, and Dickinson, C.H. 1974. "Decomposition of Herbaceous Litter". *Biology of*

Plant Litter Decomposition 1: 37-67.

- [16] Alexander, M. 1977. *Introduction to soil Mycrobiology*. 2nd Ed. Jhon Wiley and Sons. New York
- [17] Rohmah, Y.M., Kuswyasari, N.D., dan Shovitri, M. 2012. *Studi Potensi Isolat Kapang Tanah dari Wonorejo Surabaya dalam Mendegradasi Lignin*. Skripsi. Jurusan Biologi, FMIPA, ITS. Surabaya.
- [18] Astutik, R.P., Kuswyasari, N.D., dan Shovitri, M. 2011. *Uji Aktivitas Enzim Selulase dan Xilanase Isolat Kapang Tanah Wonorejo Surabaya*. Skripsi. Jurusan Biologi, FMIPA ITS. Surabaya.
- [19] Affandi, M. 1995. *Produksi dan Laju penghancuran Serasah di Hutan Mangrove Alami dan Binaan Cilacap-Jawa Tengah*. Universitas Airlangga. Surabaya.
- [20] Rindyastuti, R., dan Darmayanti, A.S. 2010. "Komposisi Kimia dan Estimasi Proses Dekomposisi Serasah 3 Spesies Familia Fabaceae di Kebun Raya Purwodadi". UPT Balai Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Purwodadi. *Prosiding Seminar Nasional Biologi 2010*.
- [21] Dawy, Y. 2009. *Organisme Perusak Kayu pada Bahan Baku Kemasan Kayu dan Usaha Pengendaliannya dalam Implementasi ISPM*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- [22] Kusnadi, Saefudin, dan A. Efrianti. 2007. *Keanekaragaman Jamur Selulolitik dan Amilolitik Pengurai Sampah Organik dari Berbagai Substrat*. Pendidikan Biologi FMIPA Universitas Pendidikan Indonesia. Bandung.